

І.М. Курченко, О.М. Юр'єва, С.І. Войчук

*Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України,
вул. Академіка Заболотного, 154, Київ, 03143, Україна*

РІСТ МІКРОМІЦЕТІВ ІЗ РІЗНИХ ЕКОНОШ НА АГАРИЗОВАНИХ ПОЖИВНИХ СЕРЕДОВИЩАХ

*Досліджено швидкість радіального росту (K_r) 153 штамів 6 видів мікроміцетів із різних еконіш на 7 агаризованих середовищах: трьох стандартних (сусло-агарі, картопляно-глюкозному агарі, агаризованому середовищі Чапека), а також на агаризованих середовищах із рослинними полімерами (карбоксиметилцелюлозою, ксиланом, розчинним крохмалем та яблучним пектином). Ендоефітні і фітопатогенні штами (біотрофи) всіх досліджених видів достовірно не відрізнялися за здатністю рости на поживних середовищах різного складу – середні значення K_r для цих двох груп були однаковими (0,200 і 0,199 мм/год відповідно). Грунтові мікроміцети (сапрофіти) характеризувались найнижчою середньою швидкістю росту (0,169 мм/год) та чітко відрізнялися від ендоефітних і фітопатогенних. Середні значення швидкості радіального росту досліджених мікроскопічних грибів були вищими на стандартних поживних середовищах, ніж на таких із рослинними полімерами. Рістові параметри ендоефітів і фітопатогенів всіх досліджених видів на агаризованих середовищах різного складу відрізнялись від ґрунтових штамів. Висока швидкість росту ендоефітних і фітопатогенних штамів *Fusarium roseae*, *Alternaria alternata* і *Ceratocystis* sp. забезпечує швидку колонізацію ними рослини. Штами *Penicillium funiculosum* однаково можуть існувати як сапрофіти в ґрунті та як ендоефітні симбіонти рослин. Широкий діапазон варіювання K_r ендоефітних темнолігментованих *Mucelia sterilia* свідчить про наявність в цій групі різних видів мікроміцетів, у яких відсутнє спорношення.*

К л ю ч о в і с л о в а: швидкість радіального росту, мікроміцети, ендоефіти, фітопатогени, сапрофіти.

Подовження гіф у грибів відбувається внаслідок росту їх кінчиків, тобто для них характерний апікальний характер росту [3, 7, 16, 18]. Міцелій покриває тверде середовище та засвоює з нього поживні речовини значно ефективніше, ніж, наприклад, колонії бактерій чи дріжджів. Кінетика росту міцеліальних грибів та актиноміцетів, а також утворення їх колоній є загальними [10, 12, 13, 15, 20].

Друга половина ХХ ст. характеризувалась становленням мікробіологічної промисловості та початком активного розвитку культивування грибів у глибинних умовах [5, 8]. Вивчення рістових процесів у грибів в умовах глибинного культивування в більшості випадків відбувається при створенні біотехнологій та відпрацюванні умов культивування штамів-продуцентів біологічно активних сполук [18]. На думку ряду мікологів, для багатьох грибів глибинне культивування є стресовим фактором [2, 18]. Екологічно виправданим є їх вирощування на твердих поживних середовищах, в тому числі на агаризованих, оскільки просторово неоднорідний ріст міцеліальних грибів на таких середовищах більше відповідає їх існуванню у природних умовах [7, 9]. Дослідження параметрів росту грибів на твердих поживних середовищах дозволили математично описати принципи формування колоній, а це, в свою чергу, важливо для визначення

впливу ряду екологічних факторів та змін умов довкілля на мікобіоту в цілому [7, 12, 14, 20–22].

Ростові параметри є найбільш широким узагальненням біологічної активності грибів. Незважаючи на більш ніж 100-річний період дослідження ендоефітних грибів, в доступній нам літературі відсутня інформація щодо параметрів росту ендоефітних мікроскопічних грибів та порівняльного аналізу швидкості їх радіального росту з ґрунтовими та фітопатогенними штамми в межах одного виду.

Матеріали і методи досліджень. Для вивчення як об'єкти досліджень були відібрані 153 штами мікроміцетів із різних еконіш. Серед них штами ендоефітів болотних рослин тих видів, які належали до домінуючих та тих, що траплялися часто і постійно – *Ceratocystis* sp., *Penicillium funiculosum* Thom, *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl., *Fusarium poae* (Peck) Wollenw. та *Mycelia sterilia*. Для порівняння досліджували штами відповідних видів – патогенів рослин (із зерна озимої пшениці, всихаючих дубів, насіння ехінацеї, плодів томату та перцю тощо) і ґрунтових сапрофітів. Фітопатогенні культури *Ceratocystis* sp. були ізольовані нами з гілок дубів у процесі дослідження причин масового всихання дібров Житомирської області. Штами *Mycelia sterilia* (dark green) і *Mycelia sterilia* (dark red) були представлені лише ендоефітами.

Швидкість радіального росту визначали на 7 агаризованих середовищах: трьох стандартних – сусло-агарі (СА), картопляно-глюкозному агарі (КГА) та агаризованому середовищі Чапека (СЧ) (20 г/л/глюкози) [5], а також на агаризованих середовищах із рослинними полімерами: карбоксиметилцелюлозою (5 г/л На-КМЦ), ксиланом (2,5 г/л), розчинним крохмалем (2 г/л) та яблучним пектином (5 г/л) [13, 17]. Такі середовища були обрані виходячи з того, що досліджені штами різних видів мікроскопічних грибів були ізольовані з рослин без симптомів захворювання (ендоефіти), уражених рослин (фітопатогени), а також з ґрунту (деструктори рослинних решток).

Мікроміцети культивували за температури $25 \pm 2^\circ\text{C}$. Двічі на добу (через 6 та 18 год) вимірювали діаметр колонії гриба в трьох напрямках. На основі отриманих даних визначали радіальну швидкість росту (K_r , мм/год) [8].

Отримані результати опрацьовані статистично (середні значення, похибки середніх, середні квадратичні відхилення для $n=9$ для рівня значущості $P=0,95$), проаналізовані із застосуванням пакета STATISTICA 6.0 і Microsoft Excel. Для порівняння великого масиву даних за швидкістю радіального росту мікроміцетів був використаний багатофакторний дисперсійний аналіз (ANOVA) – визначали середні значення, дисперсію, їх похибки, розподіл середніх значень на кластери здійснювали за допомогою TukeyHSD тесту, порівняння проводили із застосуванням критерію Фішера (F -критерію), рівень значущості ($p \leq 0,005$) [1].

Результати та їх обговорення. Досліджено швидкість радіального росту (K_r) 153 штамів 6 видів – ендоефітів та штамів відповідних видів з інших місцевіснвань. Серед них: *Fusarium poae* – 25 штамів, *Alternaria alternata* – 41, *Penicillium funiculosum* – 19, *Ceratocystis* sp. – 29, *Mycelia sterilia* (orange) – 26 та *Mycelia sterilia* (dark) – 13 штамів.

Розраховано діапазони варіювання швидкості радіального росту штамів із різних місцевіснвань досліджених видів та середні значення K_r для кожної екологічної ніші *F. poae*, *A. alternata*, *P. funiculosum*, *Ceratocystis* sp., *Mycelia sterilia* (orange) та *Mycelia sterilia* (dark) (табл. 1).

На стандартних поживних агаризованих середовищах – СА і КГА – ендоефітні штами *F. poae* характеризувались найвищою швидкістю радіального росту,

Таблиця 1

Середня швидкість радіального росту штамів мікроміцетів
із різних місцевіснунвань на агаризованих середовищах

Середо вища	Середня K_r , мм/год													
	<i>Fusarium rose</i>			<i>Alternaria alternata</i>			<i>Penicillium funiculosum</i>			<i>Ceratocystis</i> sp.		<i>Mycelia sterilia</i> (orange)		<i>Mycelia sterilia</i> (dark)
	Е	Ф	Г	Е	Ф	Г	Е	Г	Е	Ф	Е	Г	Е	
СА	0,40±0,022	0,35±0,040	0,34±0,037	0,21±0,007	0,22±0,019	0,15±0,011	0,14±0,008	0,46±0,015	0,23±0,052	0,08±0,008	0,26±0,013	0,10±0,012		
КГА	0,49±0,010	0,40±0,047	0,38±0,049	0,21±0,009	0,22±0,017	0,15±0,033	0,15±0,008	0,46±0,034	0,22±0,052	0,10±0,009	0,24±0,013	0,11±0,015		
СЧ	0,32±0,042	0,34±0,041	0,27±0,067	0,18±0,011	0,21±0,020	0,08±0,019	0,10±0,012	0,41±0,015	0,18±0,040	0,07±0,008	0,24±0,009	0,11±0,009		
На-КМЦ	0,26±0,019	0,19±0,038	0,16±0,071	0,16±0,009	0,11±0,014	0,12±0,010	0,08±0,010	0,22±0,024	0,07±0,008	0,06±0,005	0,13±0,002	0,05±0,008		
Ксилан	0,18±0,014	0,23±0,050	0,23±0,036	0,16±0,009	0,17±0,011	0,13±0,012	0,09±0,005	0,23±0,041	0,0035± 0,0003	0,06±0,003	0,11±0,013	0,05±0,009		
Крохмаль	0,28±0,011	0,27±0,034	0,25±0,040	0,18±0,009	0,16±0,012	0,06±0,001	0,09±0,007	0,33±0,005	0,18±0,033	0,14±0,036	0,17±0,009	0,06±0,008		
Пектин	0,13±0,017	0,15±0,031	0,15±0,028	0,06±0,011	0,06±0,010	0,10±0,014	0,11±0,006	0,33±0,008	0,17±0,038	0,07±0,008	0,17±0,012	0,06±0,014		

Примітка: 1. Е – ендофіти;
2. Ф – фітопатогени;
3. Г – ґрунтові штами.

особливо така тенденція була характерною для КГА (табл. 1). На СЧ діапазон варіювання швидкості росту ендоефітних, фітопатогенних та ґрунтових штамів *F. poae* достовірно не відрізнявся. На агаризованих середовищах із рослинними полімерами K_r ендоефітних ізолятів цього виду мала тенденцію до зниження в ряду: Na-КМЦ \approx крохмаль $>$ ксилан $>$ пектин; для фітопатогенів – крохмаль \approx \approx ксилан $>$ Na-КМЦ $>$ пектин; ґрунтових – ксилан \approx крохмаль $>$ пектин $>$ $>$ Na-КМЦ. Таким чином, ендоефіти *F. poae* виявляли високу K_r на середовищі з Na-КМЦ, в той час як фітопатогени та ґрунтові штами – на середовищі з ксиланом. Штами з усіх трьох груп характеризувались високими значеннями K_r на середовищі з крохмалем (табл. 1).

Ендоефітні та фітопатогенні ізоляти *A. alternata* достовірно не відрізнялись за швидкістю радіального росту на стандартних середовищах (табл. 1). На середовищах із природними полімерами всі штами цього виду росли повільніше, ніж на стандартних. Середовище з пектином виявилось найменш придатним для росту штамів обох груп – середня K_r була приблизно в 3 рази нижчою, ніж на інших середовищах. На середовищі з КМЦ ендоефіти росли повільніше, ніж фітопатогени.

Ендоефітні штами *P. funiculosum* характеризувались ширшим діапазоном варіювання значень K_r на КГА, ніж ґрунтові (табл. 1). На стандартних середовищах СА і КГА для штамів *P. funiculosum* двох трофічних груп встановлено максимальну K_r , відмінності були статистично не достовірними; на СЧ спостерігали уповільнення середньої K_r , причому більшою мірою це було характерним для ендоефітів (табл. 1).

На середовищах з органічними полімерами, на відміну від *F. poae* і *A. alternata*, ендоефітні та ґрунтові ізоляти *P. funiculosum* майже з однаковою швидкістю росли на середовищі з пектином, з Na-КМЦ і ксиланом. В цілому K_r була вищою у ендоефітних ізолятів порівняно з ґрунтовими. На середовищі з крохмалем K_r штамів обох груп була найнижчою серед усіх досліджених поживних середовищ.

Ендоефіти *Ceratocystis* sp. мали вужчий діапазон варіювання K_r на стандартних середовищах та росли швидше, ніж фітопатогенні ізоляти (табл. 1). Середні значення K_r всіх штамів цього роду загалом були вищими на стандартних середовищах, ніж на таких із природними полімерами. Ендоефітні штами *Ceratocystis* sp. на всіх досліджених середовищах характеризувались високими значеннями K_r – в 2–3 рази вищими, ніж у фітопатогенних ізолятів. Особливо помітною ця різниця була на середовищі з ксиланом – середнє значення K_r ендоефітів перевищувало таке фітопатогенів в 65,7 раз. Останнє свідчить про здатність ендоефітів *Ceratocystis* sp. до швидкої просторової колонізації рослин, а отже, їх можна віднести до типових ендоефітів.

Навпаки, швидкість радіального росту ґрунтових штамів *Mycelia sterilia* (orange) була майже вдвічі вищою порівняно з ендоефітними (табл. 1). На всіх досліджених поживних середовищах середні значення K_r ендоефітних ізолятів цього виду були в 2–3,5 разів нижчими порівняно з ґрунтовими. Лише на середовищі з крохмалем ендоефіти росли найкраще та мало відрізнялись від ґрунтових.

Варіювання значень K_r ендоефітів *Mycelia sterilia* (dark) змінювалось від 0,05 до 0,11 мм/год (табл. 1), середні її значення на стандартних середовищах були вдвічі вищими за такі на середовищах з рослинними полімерами.

У цілому K_r досліджених штамів, виділених з різних місцеіснувань, на середовищах з Na-КМЦ, ксиланом, крохмалем і пектином була повільнішою, ніж на стандартних (табл. 1). На середовищі з Na-КМЦ різниця в швидкості росту між

штамами-ендофітами *F. poae* і *Ceratocystis* sp. та штамами цих видів з інших місцевіснвань була особливо помітною. На цьому середовищі швидше росли ендофітні штами *P. funiculosum*, *A. alternata* та ґрунтові *Mycelia sterilia* (orange).

На середовищі з ксиланом відмінності в значеннях K_r спостерігали для досліджених штамів *Ceratocystis* sp. і *Mycelia sterilia* (orange) (табл. 1). Так, ендофіти *Ceratocystis* sp. росли в 65,7 раз швидше, ніж фітопатогенні штами цього виду, в той час як ендофітні *Mycelia sterilia* (orange) характеризувались вдвічі нижчою швидкістю росту на середовищі з ксиланом порівняно з ґрунтовими штамами.

На поживному середовищі з крохмалем швидше росли ендофітні штами *Ceratocystis* sp., а найповільніше – ендофіти *Mycelia sterilia* (dark) (табл. 1). На середовищі з пектином високою швидкістю росту також характеризувались ендофітні штами *Ceratocystis* sp., всі інші штами досліджених видів мікроміцетів росли повільніше в 1,9 – 5,5 разів.

Оскільки дані щодо швидкості радіального росту ендофітних мікроміцетів на поживних середовищах різного складу отримані нами вперше, ми не змогли порівняти їх з такими інших авторів. Якщо ж порівняти наші результати (табл. 1) з відомими в літературі для мікроскопічних грибів з інших екологічних ніш, то їх K_r на твердих поживних середовищах може становити 0,026 мм/год у *Mortierella ramanniana* [9], 0,05 мм/год – *Penicillium chrysogenum* [21], 0,067 мм/год – *P. commune*, 0,079 мм/год – *Paecilomyces farinosus*, 0,097 мм/год – *Aureobasidium pullulans* [19] та досягати 0,234 мм/год у *Aspergillus niger* [11], $0,377 \div 0,424$ мм/год у *Mucor hiemalis* [21, 22], 0,434 мм/год у *M. plumbeus* [7] та 0,580 мм/год у *Trichoderma viride* [16].

Середні значення K_r штамів *A. alternata* на СА становили $0,1530 \div 0,1785$ мм/год, а діапазон варіювання досягав $0,0956 \div 0,3074$ мм/год [6]. Для *P. funiculosum* вони склали $0,0545 \div 0,1153$ мм/год, а діапазон варіювання $0,0186 \div 0,1852$ мм/год.

В наших попередніх дослідженнях для ізолятів *F. oxysporum* (Schlecht.) Snyd. et Hans. було встановлено, що штами з окультурених і неокультурених ґрунтів на СА і КГА мали ширший діапазон варіювання середньої K_r , ніж штами цього виду, що були виділені з уражених зернових культур ($0,153 \div 0,331$, $0,102 \div 0,319$ і $0,210 \div 0,367$ мм/год на СА та $0,181 \div 0,374$, $0,139 \div 0,364$ і $0,222 \div 0,363$ мм/год на КГА відповідно) [4]. Загалом значення K_r ґрунтових штамів *F. oxysporum* було нижчим, ніж у штамів із зернових культур. K_r фітопатогенних штамів *F. poae* мала ширший діапазон варіювання, ніж така ґрунтових, проте значних відмінностей між ними не спостерігали (табл. 1). На відміну від них, ендофітні штами *F. poae* характеризувались вищими значеннями K_r на СА і КГА.

Таким чином, вперше проведено порівняльне дослідження швидкості радіального росту ендофітних штамів *F. poae*, *A. alternata*, *P. funiculosum*, *Ceratocystis* sp., *Mycelia sterilia* (orange) і *Mycelia sterilia* (dark) та ізолятів цих видів, виділених з уражених рослин та ґрунту. Встановлено, що середні значення K_r досліджених мікроскопічних грибів були вищими на стандартних середовищах (табл. 1), ніж на таких, в яких джерелами вуглецю були рослинні полімери – На-КМЦ, ксилан, крохмаль і пектин. Ендофітні штами *F. poae* на СА, КГА і СЧ росли швидше, ніж фітопатогенні і ґрунтові ізоляти. Ендофіти цього виду швидше росли на середовищі з КМЦ, фітопатогенні та ґрунтові штами – з ксиланом.

На стандартних поживних середовищах ендофітні і фітопатогенні ізоляти *A. alternata* практично не відрізнялись за значеннями K_r , проте на середовищі з На-КМЦ ендофіти росли повільніше.

Ендофітні та ґрунтові ізоляти *P. funiculosum* не відрізнялись за середніми значеннями K_r на СА, КГА і середовищі з пектином, на середовищах з Na-КМЦ і ксиланом ендофіти цього виду росли швидше, ніж ґрунтові сапрофіти, а на СЧ і середовищі з крохмалем – повільніше.

На всіх досліджених середовищах середні значення K_r ендофітних штамів *Ceratocystis* sp. були в 2–3 рази вищими, ніж у фітопатогенних, особливо на середовищі з ксиланом, про що згадувалось раніше. Навпаки, середні значення K_r ендофітних ізолятів *Mycelia sterilia* (orange) на всіх досліджених середовищах були в 2–3,5 разів нижчими порівняно з ґрунтовими. Середні значення K_r ендофітів *Mycelia sterilia* (dark) на стандартних середовищах були вдвічі вищими за такі на середовищах з природними полімерами та мало відрізнялись від середніх значень K_r для ендофітів *Mycelia sterilia* (orange) на всіх середовищах.

В цілому середні значення K_r ендофітів *Ceratocystis* sp. на агаризованих поживних середовищах різного складу були вищими, ніж фітопатогенів, а ендофітів *Mycelia sterilia* (orange) – нижчими, ніж ґрунтових. Високі значення швидкості росту ендофітів забезпечують швидку колонізацію ними рослини-живителя. Штами *P. funiculosum* однаково можуть існувати як сапрофіти, розкладаючи рослинні залишки, та як ендофітні симбіонти рослин.

Проведено багатофакторний дисперсійний аналіз ANOVA залежності швидкості радіального росту мікроміцетів з різних екологічних ніш від чотирьох факторів – виду мікроскопічного гриба, його еконіші, штаму мікроміцета та складу поживного середовища. Встановлено, що при рівні значущості $p < 0,001$ всі досліджені фактори впливають на швидкість радіального росту мікроміцетів, причому найбільшою мірою – середовище культивування (критерій Фішера F становить 192,36), а найменшою – екологічна ніша вивчених ізолятів ($F = 16,19$) (табл. 2).

Таблиця 2

Вплив досліджених факторів на швидкість радіального росту мікроміцетів

Фактор	Сума квадратів	Кількість ступенів свободи df	Середній квадрат	Критерій Фішера F	Рівень значущості p
Вид	0,726	1	0,726	74,44	<0,001
Екологічна ніша	0,158	1	0,158	16,19	<0,001
Штам	0,517	1	0,517	52,94	<0,001
Середовище	1,877	1	1,877	192,36	<0,001
Похибка	10,61	1087	0,010		
Загальна сума квадратів	13,62	1091			

Незважаючи на те, що еконіша найменше з досліджених факторів впливає на K_r мікроміцетів, за величиною F цей показник є значущим, а тому важливим для характеристики ізолятів з різних місцеіснувань.

Для штамів з різних екологічних ніш (ендофіти, фітопатогени, ґрунтові) середнє значення швидкості радіального росту знаходиться в досить близькому діапазоні: 0,169 для ґрунтових ізолятів та 0,200 і 0,199 мм/год – для ендофітів і фітопатогенів відповідно (табл. 3). За даними статистичного аналізу досліджені ґрунтові сапрофіти достовірно ($p < 0,001$) відрізняються від біотрофів і розподіляються на дві характерні групи: в першу з них увійшли штами, ізольовані з ґрунту, а друга сформована ендофітами і фітопатогенами.

Таблиця 3

Подібність між середніми значеннями швидкості радіального росту та екологічною нішою досліджених ізолятів (TukeyHSD тест)

Екологічна ніша штамів	Середнє значення K_r , мм/год	Група	
		1	2
Ендوفіти	0,200 ± 0,012		■
Фітопатогени	0,199 ± 0,009		■
Ґрунтові	0,169 ± 0,014	■	

У досліджених мікроміцетів за значеннями K_r спостерігали також відмінності на рівні штамів. Це відомий факт для біологічних об'єктів, тому немає сенсу детально його обговорювати.

За здатністю рости на поживних середовищах різного складу мікроміцети розподілили на чотири основні групи (табл. 4). На середовищах з пектином, ксиланом та Na-КМЦ у досліджених мікроміцетів були відмічені найнижчі середні значення K_r (0,130±0,148 мм/год), відмінностей між ними не встановлено ($p \leq 0,001$). Значення K_r на середовищах з ксиланом та Na-КМЦ взагалі не відрізняються (ступінь подібності 99,9%).

Таблиця 4

Середні значення швидкості радіального росту мікроміцетів на поживних середовищах різного складу (TukeyHSD тест)

Середовище	Середнє значення K_r , мм/год	Група			
		1	2	3	4
Пектин	0,130 ± 0,014	■			
Ксилан	0,145 ± 0,015	■			
Na-КМЦ	0,148 ± 0,014	■			
Крохмаль	0,198 ± 0,016		■		
СЧ	0,227 ± 0,019			■	
СА	0,250 ± 0,018				■
КГА	0,266 ± 0,021				■

Значення швидкості росту досліджених штамів на середовищі з крохмалем (0,198 мм/год) та СЧ (0,227 мм/год) достовірно ($p \leq 0,01$) відрізняються від таких на інших середовищах та порівнянно одне з одним ($p < 0,001$) (табл. 4). Саме тому ці середовища віднесені до двох окремих груп. В останню четверту групу потрапили середовища СА і КГА, на яких зареєстровано найвищі швидкості росту (0,250 і 0,266 мм/год відповідно) та не виявлено відмінностей між середніми значеннями.

Таким чином, ендofітні і фітопатогенні штами (біотрофи) всіх досліджених видів достовірно не відрізнялися за здатністю рости на поживних середовищах різного складу – середні значення K_r для цих двох груп виявилися однаковими (0,200 і 0,199 мм/год відповідно). Ґрунтові мікроміцети (сапрофіти) характеризувались найнижчою середньою швидкістю росту (0,169 мм/год) та чітко відрізнялися від ендofітних і фітопатогенних (табл. 3).

Підсумовуючи проведені дослідження, можемо констатувати, що середні значення швидкості радіального росту досліджених мікроскопічних грибів були вищими на стандартних поживних середовищах (СА, КГА, СЧ), ніж на таких з рослинними полімерами. Ці ростові параметри ендofітів і фітопатогенів усіх досліджених видів на агаризованих середовищах різного складу відрізнялися від

грунтових штамів. Висока швидкість росту ендоефітних і фітопатогенних штамів *F. poae*, *A. alternata* і *Ceratocystis* sp. забезпечують швидку колонізацію ними рослини. Штами *P. funiculosum* однаково можуть існувати як сапрофіти в ґрунті та як ендоефітні симбіонти рослин. Широкий діапазон варіювання K_r ендоефітних темнопігментованих *Mycelia sterilia* свідчить про те, що в цю групу штамів можуть входити різні види мікроміцетів, у яких відсутнє спороношення.

Курченко І.Н., Юрьєва Е.М., Войчук С.І.

*Институт микробиологии и вирусологии им. Д.К. Заболотного НАН Украины,
Киев, Украина*

РОСТ МИКРОМИЦЕТОВ ИЗ РАЗНЫХ ЭКОНИШ НА АГАРИЗОВАННЫХ ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕДАХ

Р е з ю м е

Изучена скорость радиального роста (K_r) 153 штаммов 6 видов микромицетов из разных экониш на 7 агаризованных средах: трех стандартных (сусло-агаре, картофельно-глюкозном агаре, агаризованной среде Чапека), а также на агаризованных средах с растительными полимерами (карбоксиметилцеллюлозой, ксиланом, растворимым крахмалом и яблочным пектином). Эндоефитные и фитопатогенные штаммы (биотрофы) всех изученных видов достоверно не отличались по способности расти на питательных средах разного состава – средние значения K_r для этих двух групп были одинаковыми (0,200 и 0,199 мм/ч соответственно). Почвенные микромицеты (сапрофиты) характеризовались самой низкой средней скоростью роста (0,169 мм/ч) и четко отличались от ендоефитных и фитопатогенных. Средние значения скорости радиального роста исследованных микроскопических грибов были выше на стандартных питательных средах, чем на таких с растительными полимерами. Ростовые параметры ендоефитов и фитопатогенов всех изученных видов на агаризованных средах разного состава отличались от почвенных штаммов. Высокая скорость роста ендоефитных и фитопатогенных штаммов *Fusarium poae*, *Alternaria alternata* и *Ceratocystis* sp. обеспечивает быструю колонизацию ими растения. Штаммы *Penicillium funiculosum* однаково могут существовать как сапрофиты в почве и как ендоефитные симбионты растений. Широкий диапазон варьирования K_r ендоефитных темнопігментованих *Mycelia sterilia* свидетельствует о наличии в этой группе разных видов микромицетов, у которых отсутствует спороношение.

К л ю ч е в ы е с л о в а: скорость радиального роста, микромицеты, ендоефиты, фитопатогены, сапрофиты.

Kurchenko I.M., Yurieva E.M., Voychuk S.I.

*D.K. Zabolotny Institute of Microbiology and Virology of the National Academy
of Sciences of Ukraine*

GROWTH OF MICROMYCETES FROM DIFFERENT ECOLOGICAL NICHERS ON AGAR NUTRIENT MEDIA

S u m m a r y

Radial growth rate of (K_r) 153 strains 6 species of micromycetes from different ecological niches was studied on 7 agar media: three standard (malt extract agar, potato-dextrose agar,

Czapek's agar), and on agar media with plant polymers (carboxymethylcellulose, xylan, soluble starch and apple pectin). Endophytic and plant pathogenic strains (biotrophs) of all studied species did not differ significantly in their ability to grow on nutrient media of different composition – average values of K_r for these two groups were the same (0,200 and 0,199 mm/h, respectively). Soil micromycetes (saprophytes) characterized by the lowest average growth rate (0,169 mm/h) and significantly differed from the endophytic and plant pathogenic ones. Average of the radial growth rates of studied microscopic fungi were higher on standard nutrient media than with plant polymers ones. Growth parameters of endophytes and plant pathogens of all studied species on various agar media differed from the soil strains. High growth rate of endophytic and plant pathogenic strains of *Fusarium poae*, *Alternaria alternata* and *Ceratocystis* sp. provides them the rapid colonization of plants. *Penicillium funiculosum* strains equally can exist as saprophytes in soil and as endophytic plant symbionts. A wide range of K_r variation of endophytic dark pigmented *Mycelia sterilia* indicates the presence in this group of different species of micromycetes, which have no sporulation.

The paper is presented in Ukrainian.

Key words: radial growth rate, micromycetes, endophytes, plant pathogens, saprophytes

The author's address: *Kurchenko I.M.*, D.K. Zabolotny Institute of Microbiology and Virology of the National Academy of Sciences of Ukraine, 154 Acad. Zabolotny St., Kyiv, 03143, Ukraine.

1. Боровиков В. П. Для профессионалов. *STATISTICA*. Искусство анализа данных на компьютере / В. П. Боровиков. – [2-е изд.]. – СПб: ПИТЕР, 2003. – 70 с.
2. Камзолкина О. В. Микроморфология и ультраструктура агарикоидных грибов на разных стадиях жизненных циклов: дисс. ... доктора биол. наук: 03.00.24 / Камзолкина Ольга Владимировна. – М., 2005. – 257 с.
3. Котов В. Н. Моделирование ранней стадии роста мицелиальной колонии / В. Н. Котов // Доклады АН УССР. Серия Геологические, химические и биологические науки. – 1988. – № 1. – С. 70 – 73.
4. Курченко І. М. Морфолого-культуральні та фізіологічні особливості *Fusarium oxysporum* (Schlecht.) Snyder et Hans.sensu lato : автореф. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук : 03.00.21 «Мікологія» / І. М. Курченко. – К.: Вид-во Товариства «Знання» України, 1999. – 20 с.
5. Методы экспериментальной микологии: Справочник. – К.: Наук. думка, 1982. – 550 с.
6. Микобіота Українського Полісся: наслідки Чорнобильської катастрофи / [Жданова Н. Н., Захарченко В. А., Василевська А. І. і др.]. – Київ: Наук. думка, 2013. – 383 с.
7. Паников Н. С. Кинетика роста микроорганизмов / Н. С. Паников. – М.: Наука, 1991. – 309 с.
8. Перт С.Дж. Основы культивирования микроорганизмов и клеток / С. Дж. Перт. – М.: Мир, 1978. – 331 с.
9. Радиальная скорость роста грибов в связи с их экологией / Г. А. Кочкина, Т. Г. Мирчинк, П. А. Кожевин [и др.] // Микробиология. – 1978. – Т. 47, № 5. – С. 964 – 965.

10. *Allan E. J.* A kinetic study of the colony growth of *Streptomyces coelicolor* A3(2) and J802 on solid medium / E. J. Allan, J. I. Prosser // *Journal of General Microbiology*. – 1989. – Vol. 131, N 10. – P. 2521 – 2532.
11. *Automatic* antifungal activity analyzing system on the basis of dynamic growth process of a single hypha / S. Yamada, J. Cao, O. Sumita [et al.] // *Mycopathologia*. – 1992. – Vol. 118, N 2. – P. 65 – 69.
12. *Davidson F. A.* A mathematical model for fungal development in heterogeneous environments / F. A. Davidson, A. W. Park // *Applied Mathematics Letters*. – 1998. – Vol. 11, N 6. – P. 51 – 56.
13. *Domsch K. H.* Compendium of soil fungi / K. H. Domsch, W. Gams, T.-H. Anderson. – [Second edition]. – Eching: IHW-Verlag, 2007. – 672 p.
14. *Edelstein L.* Growth and metabolism in mycelial fungi / L. Edelstein, L. A. Segel // *Journal of Theoretical Biology*. – 1983. – Vol. 104, N 2. – P. 187 – 210.
15. *Gooday G. W.* The dynamics of hyphal growth / G. W. Gooday // *Mycological Research*. – 1995. – Vol. 99, N 4. – P. 385 – 394.
16. *López-Franco R.* Pulsed growth of fungal hyphal tips / R. López-Franco, S. Bartnicki-Garcia, C. E. Bracker // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. – 1994. – Vol. 91, N 25. – P. 12228 – 12232.
17. *Molitoris H. P.* Physiology of marine fungi. A screening program for marine fungi / H. P. Molitoris, K. Schaumann // *The biology of marine fungi*; ed. Moss S. T. – Cambridge: Cambridge University Press, 1986. – P. 35 – 47.
18. *Moore D.* Fungal morphogenesis / D. Moore. – Cambridge: Cambridge University Press, 1998. – 469 p.
19. *Reeslev V.* Comparison of biomass dry weights and radial growth rates of fungal colonies on media solidified with different gelling compounds / V. Reeslev, A. Kjølner // *Applied and Environmental Microbiology*. – 1995. – Vol. 61, N 12. – P. 4236 – 4239.
20. *Travelling* waves and pattern formation in a model for fungal development / F. A. Davidson, B. D. Sleeman, A. D. M. Rayner [et al.] // *Journal of Mathematical Biology*. – 1997. – Vol. 35, N 5. – P. 589 – 608.
21. *Trinci A. P. J.* A kinetics study of the growth of *Aspergillus nidulans* and other fungi / A. P. J. Trinci // *Journal of General Microbiology*. – 1969. – Vol. 57, N 1. – P. 11 – 24.
22. *Trinci A. P. J.* Influence of the width of the peripheral growth zone on the radial growth rate of fungal colonies on solid media / A. P. J. Trinci // *Journal of General Microbiology*. – 1971. – Vol. 67, N 3. – P. 325 – 344.

Отримано 15.05.2014